■1 群（信号・システム）－ 12 編（信頼性理論）

4 章 信頼性管理

（執筆者：益田昭彦）［2010 年 10 月 受領］

■概要■

本章では，製品に信頼性を盛り込むために不可欠なマネジメントについて述べる．信頼性は固有技術と管理技術のバランスのうえで達成されるが，そのためには製品のライフサイクル全般にわたる指揮・統制が必要になる．これを信頼性管理と呼ぶ．国際的にはディペンダビリティマネジメントと呼ばれる．信頼性導入時の米軍流の吸収から始まって，マネジメントの方法は時代環境の変化とともに少しずつ我が国独自の方法に変革してきた．現在では，我が国の信頼性管理は，通信・交通などの公共施設の高信頼性の維持向上に寄与しているのみならず，パーソナル情報機器・家電・自動車などの不特定多数の顧客を対象にする市場型製品全般の信頼性・安全性向上に寄与している．

しかし，信頼性・安全性上のトラブルでは局所的な被害が出たうえでの再発防止がいまだ主流である．これに対し，信頼性管理は当初からトラブルの芽を事前に摘み取る未然防止技術の確立に軸足があった．本章では 21 世紀の現時点で俯瞰した，我が国の信頼性管理の最新知識と具体的手法について述べる．

【本章の構成】

本章では，信頼性管理の変遷と品質管理とのかかわり（4-1-1 節及び 4-1-2 節），信頼性管理の取り組み方とその基本的活動（4-1-3～4-1-5 節）を述べるとともに，未然防止に有用な信頼性管理の手法として，信頼性アセスメント（4-1-6 節），デザインレビュー（4-2 節）及びライフサイクルコスティング（4-3 節）についてやや詳しく述べる．

■1 群 － 12 編 － 4 章

4-1 信頼性管理総論

（執筆者：益田昭彦）［2009 年 5 月 受領］

4-1-1 はじめに

歴史的にみると，信頼性管理は米国における軍や航空宇宙の産業で原型が整えられ，確立されたものが，我が国に導入されたことを嚆矢（こうし）とする．

アポロ計画では前人未到の仕事を達成するために，システム工学に基づく手段が用いられ，決められた日程や費用などの目標を合理的に達成した．信頼性もまたシステムの達成目標として位置づけられた．この方法は管理（マネジメント）にフィードバックシステムを導入した，現在では管理工学分野における当たり前の技術であって，限定された範囲での目的を達成する工学的方法はプロジェクトマネジメントとして確立されている．

あらかじめ到達目標を設定し，その達成のための計画を立て，それに基づいて実行し，結果を監視して，もし目標や計画との差異が生ずれば，その修正を技術的かつ管理的に速やかに行い，目標の達成を図る方法である．この方法ではプロジェクトの達成のために緻密な計画を立てることが重要であり，プログラム計画書を作成し，それに基づいて行動する．

我が国においては，信頼性管理は品質管理（TQC）と融合して発達した．業務向けや消費者向けのほとんどの新製品開発は，同業他社との競合の中で，一歩一歩，機能・性能を向上していくために，ワンショットのプロジェクトマネジメントで終わることがない．すなわち，ターゲット PDCA サイクルという管理方式で，全社的に信頼性管理が進められる．更に，製品の故障が原因となり，人への危害を生ずる安全性問題に発展することが少なくなく，信現在では信頼性・安全性問題と称されるに至った．企業では信頼性・安全性の管理を一体として行うことが重要になっている．このためには，生産の源流における信頼性・安全性管理を確実に実施することが有効であり，設計開発段階で製品の使用中に起きる可能性のある信頼性・安全性問題を洗い出して，事前に対策をとることが重要になっている．

一般に，信頼性・安全性問題は，発生の可能性は低いものの，いったん生じてしまうと多大な損害や危害が生まれるため，リアクティブな対応方法（reactive approach）（発生した現象に速やかに対応；事後解析手法）と共にプロアクティブな対応方法（proactive approach）（発生する可能性のある現象に前もって対応；事前解析手法または未然防止手法）が開発されてきた [1)]．しかし，我が国の家電や自動車をはじめとする民需産業においては，まずは生じた結果からその原因を探ることに関心が高まり，リアクティブな手法，例えば故障再現実験，信頼性評価試験，故障解析などが盛んに行われた．しかし，製品の品質・信頼性が高まるにつれ，予防的な手法に重点が置かれるようになり，FMEA，FTA，デザインレビューなどのプロアクティブな手法に重点が移行していった．1990 年代には，産業界の長期的構造不況が続く中で，コストのかからない信頼性保証の手段として，プロアクティブな手法がもてはやされるようになった．21 世紀に入って，ハードウェア・ソフトウェア産業からサービス産業や医療・教育の現場にまで信頼性的な考え方が広まり，利用されるようになった．

そもそも，1950 年代に米国から我が国に導入された SQC（統計的品質管理）は，PDCA サイクル（plan-do-check-act のサイクル）を回して経営の質を高めるフィードバックシステムを確立した．信頼性の技術手法はこのサイクルを有効に回す歯車としても有効に働くものであ

った．日本企業は，1960 年代後半には国内のものづくりで成功を収めた力をグローバル化に転じた．そして，日本的品質管理を武器にして，1970 年代後半には世界市場における先頭集団に収まった．1980 年代には既に「お手本のない製品開発」へ方向転換することによって企業の生き残りを懸ける時代が迫ってきていた．1990 年代になると，顧客の側にも様々な変化が現れる．購入した製品が使用者の安全を担保するものなのかどうか，また長期的にも人や動植物に有害なアウトプットを出していないだろうかという基本的な要求に立ち返り，消費者自らがチェック機能を発揮するようになった．そこで新製品の開発において，製品安全や環境保全を重視しない企業は，消費者に見放され，事業の存続に影響することが大きい．これらの問題を起こすと，企業は有形無形の多大な損失を被ることになることが，近年のマスコミを騒がす事故例で明らかである．21 世紀に入って，この状況はますます厳しくなっている．このような社会的構造的変化は，CSR（企業の社会的責任）が重視される時代になり，信頼性・安全性技術は消費者保護を達成するのに有効な基本技術として再評価されるようになっている．

4-1-2 品質保証と信頼性マネジメント

品質管理（QC；Quality Control）は，米国で開発された管理技術で，数理統計学を応用して，製品の品質を規定の範囲内に収める制御技術から始まった．これは統計的品質管理（SQC；Statistical Quality Control）といわれ，我が国の産業に幅広く導入され，一定の成果を収めた．しかし，それに飽き足らず，より良い品質を追究する機運が我が国産業界に生まれ，方針管理のような「目標指向の管理」が重視されることになった．その遂行には PDCA（Plan-Do-Check-Act；計画・実行・チェック・是正）の管理サイクルを回して，より低い不良率へ，より高い精度へと目標を高めていく管理が進んだ．現在では，このような日本的品質管理が世界で取り入れられて品質マネジメント（QM；Quality Management）の呼称が定着し，PDCA 管理はその中核に収まっている．

一方，信頼性管理もまた米国から導入されたが，こちらは当初からプロジェクト活動を指向していた．すなわち，最初に達成すべき信頼性目標を設定する．その目標達成のための方策を練り，信頼性プログラム計画書をつくる．計画書に基づいて実際の作業（設計，製造，据付，運用など）を実施し，その過程で目標や計画との差異が生じたならば，適切な是正処置を行う．その結果は関連する作業に反映される．つまり結果を，前工程にはフィードバックし，後工程にはフィードフォワードすることで，プロジェクト全体を達成すべき信頼性目標に近づけていく方法であった．

昨今では，品質や環境のマネジメントと整合を取り，「信頼性マネジメント」と呼ぶようにもなった．ただし，本節では，「信頼性管理」を用い，混乱が生ずる恐れのある箇所では「信頼性マネジメント」と使い分けることにする．

4-1-3 T-PDCA スパイラルに基づく信頼性管理

生産の流れの中で，製品の信頼性を高めていくためには，大所・高所に立って生産の流れを眺めて，本章に述べられている信頼性技術を適時，適所で用いることが必要である．そこで，総合的，系統的，かつ組織的な信頼性管理活動を進めることが鍵となる．

ところで，信頼性管理は信頼性・保全性に焦点を当てる目標管理で，T-PDCA サイクルを

実施して目標を達成する方法をとる．T-PDCA サイクル整理してみると，

T（目標；target）： 信頼性目標を策定する．

P（計画；plan）： 目標を達成するための方策と技法を設定する．

D（実行；do）： 計画に沿って実行する．

C（チェック；check）：計画と実績を比較して相違を見出し，問題点を摘出する．

A（対策：act）： 問題点を解消するための対策や処置を行い，その効果を把握する．

という一連の活動を繰り返すことになる．こうして，PDCA を回しながら，石段を登るように一歩一歩目標に近づいて行く．これは T-PDCA スパイラルといい，図 4･1 のように表現できる．現在では，T-PDCA スパイラルは ISO 9001（JIS Q 9001）の品質マネジメントシステム（QMS；Quality Management System）や，ISO 14001（JIS Q 14001）の環境マネジメントシステム（EMS；Environmental Management System），あるいは JIS Q 2001 のリスクマネジメントシステム（Risk Management System）などの一連のマネジメントシステムと共有する概念となっている．

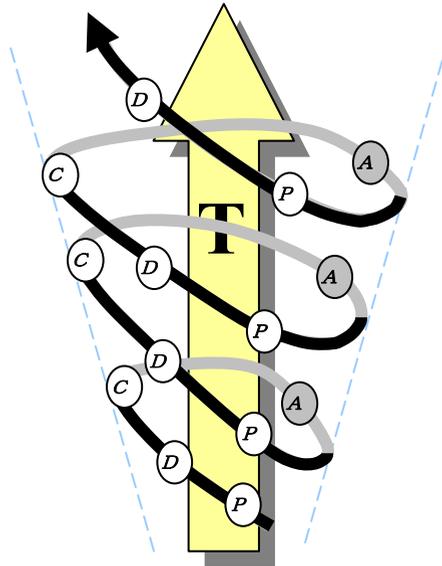



図 4・1 T-PDCA スパイラル [1]

なお JIS 規格では，2000 年に信頼性の上位用語としてディペンダビリティ（Dependability）[2, 3]が導入された．しかし，2010 年現在，我が国産業界への「ディペンダビリティ」の普及度はいまだ低く，「信頼性」の方が広く使われている．IEC の国際標準では，ディペンダビリティが用いられ，信頼性管理のシステムについても，ディペンダビリティマネジメントシステム（DMS；Dependability Management System）[4, 5]と呼ぶ．

4-1-4 信頼性管理の取組み方

信頼性管理を有効にかつ効率的に遂行するために，次の三つの観点から取り組むことが必要である．すなわち，①科学的取組み，②系統的取組み，及び③総合的取組みである [6]．

(1)　科学的取組み

製品を設計し，製造し，運用していく過程で様々な技術的課題が生ずる．それらを一つひとつ解決していくには，科学的な取組みが必要不可欠である．近代科学の思想的背景はデカルトに負うところが大きいが，その考え方は，1637 年刊行の「方法序説」第二部に述べられている．すなわち，①明証的に真と認めたことしか受け入れないこと，②課題をできるだけ小さい部分に分けること，③最も単純なことから始めて複雑なものに到達すること，そして，④見落としがなかったかすべてを吟味することの規則を宣言している．この思考方法は現在でも科学的な方法の基本として生きている．信頼性の技術もこの四つの規則に基づいて構築されている．

信頼性にかかわる技術的課題には例えば次のようなものがある．

① 新製品の信頼性目標値の決定.
② 新製品の信頼性と前任や他社の製品の信頼性との比較.
③ 製品の信頼性向上のための施策とその効果の確認.
④ 製品の耐用寿命の見積り.
⑤ 製品のダウンタイムの見積り.
⑥ 製品の運用に必要な予備品数.
⑦ 製品の特性値経時変化量の予測.
⑧ 再使用する部分品の余寿命の推定.

これらは＜モノの寿命＞という未来に起こる事象を見積もる技術である．そこで，合理的に問題を解決するには＜モノの理＞を極めること，すなわち物理を理解することが基本になる．技術者はそれを応用して製品に生かすが，その集大成が固有技術として伝承される．

信頼性技術は管理技術と固有技術の融合を図りながら発展してきた．これまで，多くの信頼性技法が提案され考案されてきたが，共通的で使いやすく，かつ効果が明確なものが残されて伝承されてきた．計算尺から電卓へ，そしてパソコンへと技術者のもつ道具も変遷する中で，信頼性技法も変化をしている．代表的な信頼性技法を表 4･1 にまとめる [7]．

それゆえ，信頼性技術者は少なくとも一つの造詣の深い固有技術を身に付けることが必要で，そのうえで，統計的または論理展開的な管理技術と組み合わせて問題解決を図る能力を培うことが望まれる．固有技術の分野は深く狭くではなく，むしろ広く浅く身に付けることの方が問題解決に有効なことが多い．そのためには，核となる専門分野の知識や経験はもとより，基礎的な科学として，物理学，化学，生物学，数学，論理学，心理学などを，また応用的な工学として，機械工学，電気工学，電子工学，化学工学，材料工学，情報工学などを幅広く身に付けた V 字型あるいは W 字型の技術者が歓迎される．

装置レベルの新製品開発を行う場合に，信頼性のある製品をつくり込むにはどうしたらよいかを考えてみよう．一般に，設計作業はアナリシス（分析）とシンセシス（合成）からなり，両者が交互に編み上げられるように進められるが，信頼性に関する設計作業においても同様の方法がとられる．それぞれの目的に対して有効な信頼性設計技法を的確に実施することが信頼性管理の要諦になる．更に効率的な信頼性管理を進めるうえで，対象製品の信頼性

水準や使用環境などを勘案して,適切な手法を重点的に用いるテイラーリングが必要である.
図 4･2 は高信頼性製品に有効な品質・信頼性技法を選んでまとめたものである.

表 4・1　信頼性技法の分類

技法のタイプ	代表的な技法	活用段階	特　徴
論理展開的方法の利用	・FMEA ・FTA ・ETA	・設計・開発 ・製造 ・運用・保全	言語情報と技術知識の分析活用が主体となる.データベースの活用が有効
	・デザインレビュー（DR）		
	・フェールセーフ		
故障物理学の援用	・信頼性試験 ・故障解析 ・良品解析	・設計・試作 ・製造 ・運用・保全	実機･実物で確証する．特に，固有の工学知識に依存する
	・ディレーティング ・故障率予測	・設計・開発	
統計的方法の利用	・データの収集（寿命分布） ・データの解析	・運用・保全 ・設計・開発 ・製造	確率･統計の理論を用いる
	・故障率予測	・設計・開発	
	・信頼性設計理論（冗長方式）		

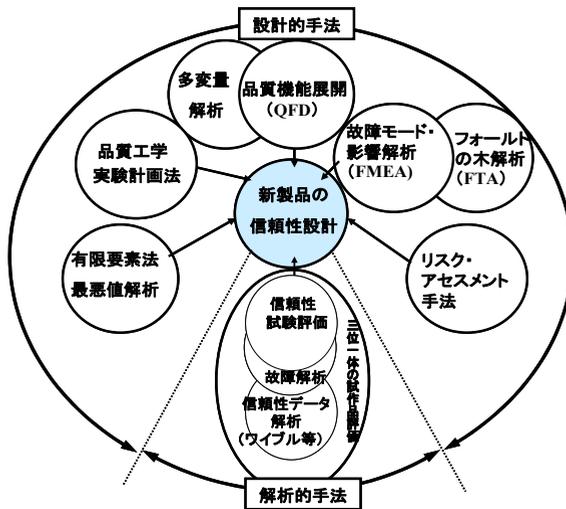



図 4・2　新製品開発のための代表的信頼性設計技法

(2)　系統的取組み

信頼性は品質と同様に目に見えない要因である．また，信頼性は時間にかかわることに特徴がある．そこで，信頼性目標を達成するのに不可欠な構成要素を列挙し，時間軸に沿って系統的に配置して実行するとよい．信頼性管理を合理的に遂行するには，時間的要因，すなわち製品のライフサイクル（一生）を把握し，それに沿って適時適所に的確な信頼性のタスクを実施することが必要である．しかし，現状の信頼性水準を把握し，また信頼性の改善効果を確認するためには，一般に時間を要する．信頼性活動の効果は時間をかけて継続的に遂行することで現れてくる．

典型的な新製品開発の流れと各段階で実施される信頼性活動を図 4･3 に示しておく．我が国に信頼性工学が導入された頃の格言に「信頼性は設計で作られる」というのがあった．この格言は「信頼性は生産の源流で作られる」と言い直せば現在でも有効である．信頼性管理の重点は製品の企画・開発から設計に至る段階に置かれるからである．こうした背景を考慮しつつ，製品のライフサイクルに沿った各段階（phase）で信頼性の活動を系統的に割り振って行うことが重要である．JIS用語 [2)]では，ライフサイクルを「アイテムの“要求定義と概念[1]”の段階から“廃却”の段階までの全段階並びに期間」と定義する．製品のライフサイクルは次のような段階（phase）に分けられる．

A. 構想及び定義段階（企画段階）
B. 設計及び開発段階（設計段階）
C. 製造段階
D. 据付け段階
E. 運用及び保全段階（運用段階）
F. 廃却段階

なお，括弧内は本節で用いる省略表現である．特に A は，市場型製品の企業活動では「製品企画」または「商品企画」と呼ばれる方が普通であるため，「企画段階」と省略する．

[1] JIS Z 8115 の信頼性用語では「要求事項と概念」になっているが，ディペンダビリティ マネジメントの規格 JIS C 5750-1/-2 では「構想及び定義」であるので，この節では後者を用いる．

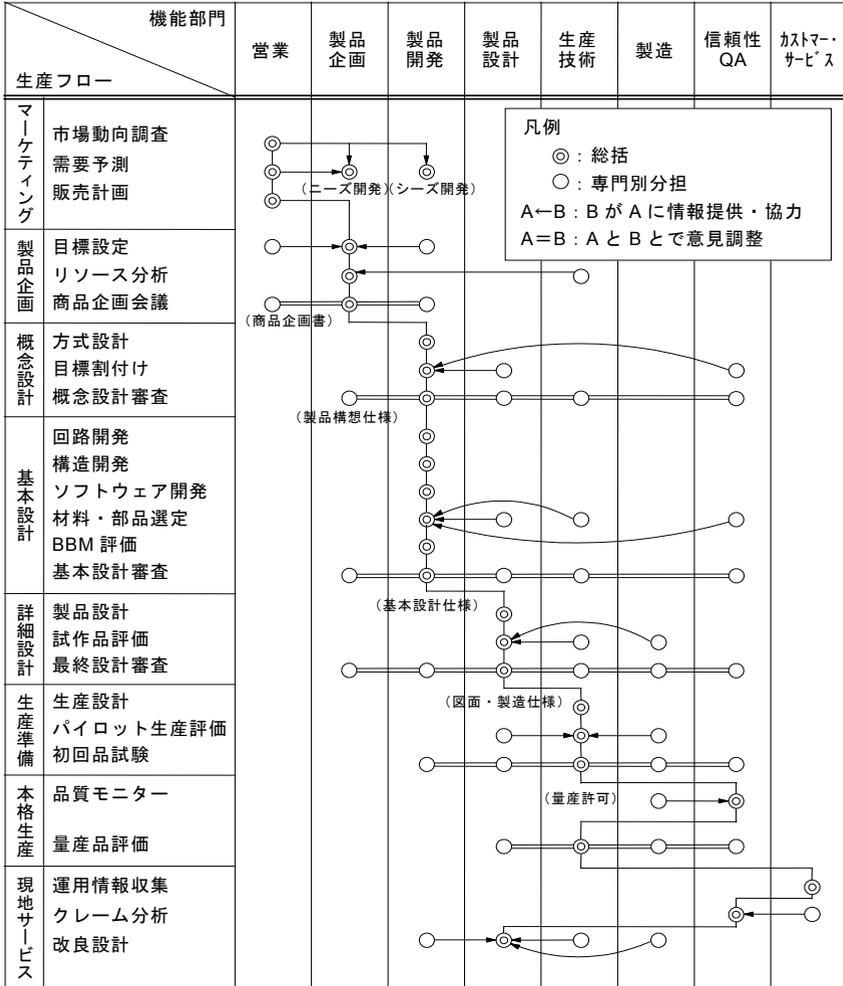



図 4・3　新製品開発活動の流れと信頼性の作業項目 [6)]

(3)　総合的取組み

製品の信頼性を高めるためには，科学的取組みや系統的取組みのほかに組織的な総合的取組みが必要になる．信頼性管理を総合的に漏れなく展開するために，信頼性プログラムをあらかじめ作成して進めることが肝要である．表 4･2 に信頼性プログラムの一例を示す．

表 4・2　信頼性プログラムの項目例

Ⅰ. 部品製造業者の信頼性プログラム		
番号	記載項目	記載内容
1	信頼性に関する組織	・全社的な信頼性と品質に責任をもつ組織の明確化，及び信頼性管理の方針と運営方法の明確化
2	教育訓練の計画	・すべての部門を対象とした信頼性に関する教育と訓練の計画
3	校正体系	・確立された校正体系に基づく測定器の管理
4	製造条件とその管理	・信頼性にかかわる重要管理項目の明確化，及び工程記録の保存
5	材料，半製品，部品の管理	・信頼性にかかわる受入検査項目の明確化，及び検査記録の保存
6	包　装	・信頼性にかかわる出荷品の包装仕様の明確化
7	故障解析と是正処置の体系	・すべての故障に対して，体系的な故障解析，報告及び是正処置
8	設　備	・製造，検査及び信頼性評価設備の維持管理

Ⅱ. システム製品製造業者の信頼性プログラム		
番号	記載項目	記載内容
1	信頼性に関する組織	・全社的な信頼性と品質に責任をもつ組織の明確化，及び信頼性管理の方針と運営方法の明確化
2	下請負業者の信頼性プログラムとそのレビュー	・下請負業者に要求する信頼性プログラム項目とレビュー方法
3	信頼性設計とそのレビュー	・信頼性設計で行うべき事項及びデザインレビュー信頼性配分，信頼性予測，部品故障率表，設計 FMEA，信頼性重要品目などの明確化
4	貯蔵，梱包，輸送，取扱い及び保全の信頼性への影響評価	・品の貯蔵，梱包，輸送，取扱いにおける信頼性への影響解析 ・製品の運用・保全計画
5	スクリーニング試験	・信頼性スクリーニング試験の計画
6	信頼性試験計画	・信頼性試験にかかわる計画．信頼性開発試験，信頼度成長試験，信頼性認定試験，信頼性実証試験など
7	故障解析と是正処置の体系	・すべての故障に対して，体系的な故障解析，報告及び是正処置
8	故障データの収集と解析	・社内及び顧客／市場における故障データの収集体制と方法

4-1-5 品質保証のための信頼性活動

信頼性管理の方法には，時代の変化に流されない＜不易＞の部分と，時代の変化を先取りする＜流行＞の部分がある．不易な部分には，信頼性は品質保証の一部であり，品質保証は優れた品質管理を基盤として成り立っており，信頼性管理もその一翼をなすという点である．

品質保証は，製品のライフサイクルに沿った段階的な活動によって，確実で効果的な成果を得ることができる．市場型製品では，①市場情報収集，②商品企画，③開発設計，④生産準備，⑤生産，⑥販売・アフターサービス，⑦購買・外注管理のような各段階で的確で過不足のない活動を進める必要がある．なお，⑦の購買・外注管理は①～⑥の各段階にまたがる共通的活動になる．

(1)　市場情報収集段階における信頼性活動

TQM でいう源流管理の第一ステップが市場情報の収集である．顧客の満足を得る製品を提供するには，市場のニーズを的確に掴まなくてはならない．市場の品質情報を効率よく収集するには，マーケット・インの考え方に基づくとよい．信頼性情報は品質情報の一部として，顧客による従来製品の使い勝手や，他社製品との比較情報の中にちりばめられている．製品の使用環境や使用方法の動向変化を的確に掴むシステム作りが重要になる．

市場の生の声から信頼性情報を選り分けることは一般に容易ではない．受注型製品の場合は，顧客を訪問して関係者の評判や苦情を聞くことができる．この中には多くの信頼性情報が含まれている．市場型製品では不特定多数の顧客の声は潜在化するので，企業は積極的かつ綿密に市場クレームの収集計画を立てることが必要になる．集めた市場クレーム情報は一過的に利用するのではなく，信頼性データベースとして企業の共有財産にすることが特に重要である．

(2)　製品企画段階における信頼性活動

製品企画の段階では，市場における顧客のあいまいな欲求や苦情は，市場ニーズを把握することにほかならない．製品企画を推し進める第一歩は，集めた市場ニーズを製品の技術特性や品質特性に変換することである．この目的には品質機能展開の手法を利用することができる．この方法では，顧客の要求品質を製品の品質特性や技術特性に展開するツールとして品質表を用いる．品質機能展開は重点志向で定性的に品質情報を把握するのに有効である．

市場ニーズを技術情報に変換する過程では，定量的な情報を把握することも必要で，多変量解析[2]を併用すると効果的である．

製品に対する顧客の期待寿命はモニターを集めてインタビューやアンケートを行うことにより把握される．例えば重回帰分析[3]によって，期待製品寿命を若干のインプット要因で説明することができるようになる．

他社製品との彼我の差を技術的に確認するために，競合製品を購入し，分解して評価するティアダウン[4]という手段も用いられる．市場ニーズがいかに実現されているかとか，彼我の技術の優位点と弱点はなにかなどを具体的に把握できる．

商品企画会議は，市場要求やニーズの確認とともに自社の作り込み能力を確認し，評価することによって，新製品の設計・開発着手の可否を決定する．

(3)　開発設計段階における信頼性活動

商品企画会議で製品化が決定されると，開発設計の段階に移る．

---

[2] 複数の変数を有する多変量のデータを扱う統計的方法．

[3] 複数の独立変数（説明変数と呼ばれる）の線形結合で，一つの従属変数（目的変数という）を推測する統計的手法．多変量解析の一つ．

[4] コストダウンの目的で，自社製品と同じ機能の他社製品を実際に分解して，構成要素や製法を技術的に比較分析するものづくり手法の一つ．

ねらいの品質は設計仕様に展開され，図面や設計仕様書，製造仕様書，検査仕様書などとして具体化される．

仕様決定では必要により試作モデルを製作し，実機評価が行われる．設計は解析（analysis）と綜合（synthesis）を繰り返して進行するが，信頼性設計も同様に行われる．

デザインレビューは実施された設計プロセスと成果を評価する管理手法である．デザインレビューは導入の当初は「設計審査」といわれていたが，顧客が製造業者に対して実施する場合を除いては，例えば社内で行う場合には，この用語は堅苦しいため，いまでは「DR」や「デザインレビュー」の呼称が普通になった．デザインレビューは開発設計の段階だけでなく，生産の下流プロセスでも行われる．デザインレビューを開発設計プロセスに加えることで，設計者の気付かなかった設計上の問題点を摘出できるとともに，後工程（製造，検査，保守サービスなど）の関係者に対し，新製品の技術情報を事前に伝え，生産準備に取り掛かってもらうことが可能となる．前者はフィードバック効果，後者はフィードフォワード効果と呼ばれる．品質表や設計 FMEA はデザインレビューのインプット情報の一つとしてなる．設計 FMEA は製品をその機能要素の部品レベルに展開して行うため，機能 FMEA の一種である．

(4)　生産準備段階における信頼性活動

新製品の場合は，生産準備段階において生産システムを完成させる必要がある．生産システムの設計は「生産のデザイン」と呼ばれる．すなわち，製品の生産量と工期を決め，それを達成するための製造工程を明確にし，その作業順序を決定し，必要な生産設備を整え，工場のユーティリティを確認するなどの活動が行われる．

生産ラインの設計では，システム信頼性理論が適用できる．通常は修理系の直列システムになり，アベイラビリティの予測が行われる．この結果は生産ラインや工場の操業度の見積りに反映される．生産設備は通常余裕なく稼動させるので，同一の作業を複数工程で行っていても，目標生産量や生産タクトタイムを達成するためであり，安易に並列モデルと考えるのは危険である．生産量がボトム時には，設備や工程に余裕が出るので，冗長系と考えることが可能だが，逆にトップ時には全く余裕がなくなり，直列モデルになる．

生産のデザインが完了した時点で，工程 FMEA 及び設備 FMEA を実施することが望まれる．設備 FMEA は機能 FMEA の一種で生産設備を機能部分に分解して実施することで，生産設備の弱点を知ることが可能になる．工程 FMEA は作業流れ図や QC 工程図を参照しながら行うと効果的である．工程 FMEA を行うことによって，生産ラインのボトルネックや各工程内の問題点を抽出することができ，生産のデザインを完全化する材料を提供する．

(5)　製造・検査段階における信頼性活動

製造・検査段階での信頼性活動は，品質管理活動と重なる部分が少なくない．作業者の技能が直接製品の信頼性に影響する場合も少なくない．特に，電気的・機械的な接続点が故障原因になることが多く，はんだ付けや溶接などの技能認定は信頼性管理の面からも重視しなくてはならない．

また，この段階では，初期の不良や故障を低減する目的で，製品ロットに対して信頼性ストレススクリーニング（RSS）を行うことが多い．顧客の満足を勝ち取る手段として考える必要がある．製品の生産ロットに対する品質保証の一環として，ロットから抜き取ったサンプルを用いたロット保証のための信頼性試験も行われる．

(6)　販売・アフターサービス段階における信頼性活動

この段階では顧客とのつながりが大きい．製品寿命などの信頼性に関する顧客情報を積極的に集める姿勢が信頼性管理のうえでは重要である．市場型製品では出荷台数が多数であるため，サンプリングをしても有効な情報が入手できる．近年 RFID タグのアプリケーションが拡大しており，市場情報を GPS やイントラネットなどを通してリアルタイムに収集できる基盤ができつつある．収集された故障や不具合データは分類・層別を行い，信頼性データ解析ソフトを用いて解析することが望まれる．例えば CHM（コンポーネント・アワー・マップ）の活用やワイブル解析などの統計的解析手法を用いるとよい．

アフターサービスとして行われる保全活動では，経営上の視点から予防保全や事後保全の費用を最小にすることが要求される．そこで信頼性・保全性技術を適用することにより，客観性のある工学的な解決法が得られる．例えば，適正な予備品数を推定することは，アフターサービス期間の在庫管理におけるコスト低減に大いに寄与する．

(7)　購買・外注管理における信頼性活動

購買・外注管理における信頼性とのかかわりは古くから重視されてきた．昨今は企業のグローバル化や海外アウトソースの利用が経営戦略に取り入れられ，国際的な購買・外注が進み，信頼性問題も国際的に広がっている．

多くの組立製品は多数の購入部品や購入ソフトを用いているので，製品の信頼性の要（かなめ）はそれらにあるといえる．特に電気・電子部品の選定は製品の信頼性への影響が大きい．購入部品を選定する過程で，サンプルを入手して信頼性試験を実施することがある．この際，購入先がサンプルを無償で提供する場合があるが，信頼性試験に際してはサンプルの素性を把握しておくことが信頼性管理上から必要になる．実際に購入したときの部品とサンプルとが異なる場合も多々あるためである．チップ部品などでは組立工法と密接な関係があるため，信頼性試験の際には組立条件も要因に選んで行うことが肝要である．

安定した品質・信頼性の部品を入手するには，部品製造業者の信頼性管理を監査することも重要なタスクの一つである．特に国際アウトソーシングの場合は，購入対象品の価格や納期のみにとらわれずに品質・信頼性要求を細かくかつ抜けのないものにして，製品への確実なチェックを忘れないようにすることが必要である．

4-1-6 信頼性アセスメント

アセスメント（assessment）は地球の環境保全問題から広まった「環境アセスメント」が知られているが，環境問題に留まらず，信頼性や安全性でも用いられる [8]．

ここでは，アセスメントとは，

<u>事前にあるものまたはあることの影響を総合的に評価すること</u>

と考えて話を進める．事前に影響を評価する時間軸には，あるものまたはあることのライフサイクルの全期間を考える．

したがって，製品のアセスメントとは，

<u>製品のライフサイクルにわたり，対象とする性質または性能に及ぼし，または及ぼされる影響を評価する活動</u>

と定義できる．

アセスメントの手段は，解析（analysis）と査定（evaluation）に大別できる．また，アセス

メントの実施は，①図面，仕様書，取扱説明書などの技術文書を参照しながら机上で行う場合と，②試作品や実製品を用いて観測，測定，実験などを行う場合に分けられる．一般には，机上で行う方がコスト安なため，①を②に優先する計画を立てるとよい．①の場合は解析寄りの手法が，②の場合は査定寄りの手法が多い．信頼性アセスメントは，製品のライフサイクルにわたって環境条件や動作条件の変化の方向を見定めて，製品の故障や不具合の発生を事前に洗い出し，その影響の大きさを評価することである．信頼性アセスメントを生産の源流に位置する製品企画や設計の段階で実施することが，総合的な発生費用を減らす上で有効である．信頼性アセスメントにおいてよく使われる手法を表 4･3 と表 4･4 に示しておく．

表 4・3　製品のライフサイクルにわたり使われる信頼性アセスメント手法
（技術資料及び技術文書に基づく解析と査定）

ディペンダビリティ・アセスメント手法	ライフサイクルの各段階				
	企 画	設 計	製 造	据 付	運 用
1. 任務プロファイル	A				
2. 信頼度配分	A				
3. 信頼性ブロック図（RBD）	A	A			
4. シャノン線図	A	A			
5. モンテカルロ・シミュレーション	A	A	(A)	(A)	(A)
6. フォールトの木解析（FTA）	A	A	A ＆ (A)	A ＆ (A)	A ＆ (A)
7. 信頼度／保全度予測	A	A			
8. 最悪値回路解析（WCCA）	A	A			
9. スニーク解析		A			
10. 有限要素法（FEM）					
11. 故障モード・影響解析（FMEA）	A	A			
・設計 FMEA		(A)	(A)	(A)	(A)
・工程 FMEA	E	E			
12. デザインレビュー（DR）					

凡例）A：製品の解析（analysis），E：製品の査定（evaluation），(A)：プロセスの解析

なお，この表では廃却段階は除いてある．廃却段階では，製品は使命を終えて撤去または廃棄されてしまうので，これまでの信頼性管理では管理の対象から外れていた．しかし，20 世紀末から特に地球環境の保全に対する社会的要請が強まり，資源の有効活用が重視され，3R の実践が要請されるようになった．3R とは，①リデュース（reduce；発生抑制），②リユース（reuse;再使用）及び③部品・材料のリサイクル（recycle；再利用）のことである．設計技術者は社会的要請から 3 R を配慮した製品の設計を進めなくてはならない．すなわち，新規のシステムや装置の中にリユース部品やリデュース設計部品を積極的に取り入れることが必要になった． しかし，顧客にとっては，環境配慮品といえども“新品”を購入するわけで

表 4・4　製品のライフサイクルにわたり使われる信頼性アセスメント手法
（実機に基づく解析と査定）

ディペンダビリティ・アセスメント手法	ライフサイクルの各段階				
	企　画	設　計	製　造	据　付	運　用
13. 実験計画法（DOE）		A	A		
14. 信頼性／保全性実証試験		A			
15. 信頼性ストレス・スクリーニング（RSS）とバーンイン			E		
16. 信頼性保証試験			E		
17. 信頼性／保全性実測		A	E	E	E
18. 信頼度成長試験とモニタリング		A	E	E	E
19. 故障解析			A	A	A
20. 信頼性データ解析			A	A	A

凡例）A：製品の解析（analysis），E：製品の査定（evaluation）

あるから，企業は，全部の構成品が「新品」である製品と全く同等の信頼性を確保し保証しなくてはならない．例えば，信頼性技術においても，リユース部品の余寿命問題が浮上している．更に，安全性技術の面では，廃却段階に至った製品の解体作業における安全性を設計段階から考慮することが必要である．信頼性・安全性と解体容易性・無害性とを協調させる技術が新たに加わったのである．

【参考文献】

1) 二川清（編著），信頼性問題集編集委員会（著），“信頼性問題集，”第 2 章 信頼性管理，日科技連出版社，2009.
2) JIS Z 8115:2000，ディペンダビリティ（信頼性）用語
3) JIS C 5750-1，ディペンダビリティマネジメント－第 1 部：ディペンダビリティマネジメントシステム
4) JIS C 5750-2，ディペンダビリティマネジメント－第 2 部：ディペンダビリティマネジメントのための指針
5) 益田昭彦，夏目武，佐藤吉信，“解説 IEC/TC56 ディペンダビリティ関連規格の現状と将来動向，”電子情報通信学会誌, vol.90, no.6, pp.476-482, 2007.
6) 益田昭彦，高久清，“実務家のための信頼性テキスト，”1989.
7) 真壁肇，鈴木和幸，益田昭彦，“品質保証のための信頼性入門，”2002.
8) 益田昭彦，“信頼性アセスメントの復権，”招待論文，信学技報, R99-24, pp.1-6, 1999.

■1 群 － 12 編 － 4 章

4-2 デザインレビュー（DR）

（執筆者：西　千機）［2010 年 5 月 受領］

4-2-1 デザインレビューとは

(1)　デザインレビューの生立ちとその進展

デザインレビュー（以下 DR と記す）がかたち作られたのは，1950 年代後半に米国のボーイング社が社内で進めたものが始まりといわれている．これは，システムが複雑化・大規模化し，また要求事項が多岐に渡るため，多くの設計者の分業によって開発・研究が行われるようになると，一人で設計内容を隅々まで的確に把握できる人の存在が難しくなったことが背景となっている．

この DR の手法は，まず米国の国防省に取り入れられ米軍（MIL）規格として発展し制定された. その後, この概念と手法は, 航空宇宙部門に波及して NASA 規格としても発展した. この頃の DR は，資材を発注し調達する機関が望みどおりの品物を確実に入手することを主たるねらいとして，調達する側の防衛策として進められたものであったともいわれている．

信頼性工学が世に出てきて，ディペンダビリティ（信頼性）プログラムが確立され，設計･開発がより体系化されるようになった．そして，DR の展開においては，図 4･4 に示すように, ベースライン管理, コンフィギュレーション管理及び変更管理が適用されるようになり，製品の設計･開発段階の設計品質を組織的かつ体系的に改善しマネジメントするシステムができ上がった．

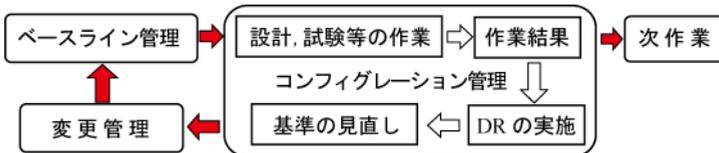



図 4・4　ベースライン管理，コンフィギュレーション管理及び変更管理と DR の関係

DR は，この設計品質のマネジメント，すなわち，設計･開発段階の設計へのインプットとしての「概念･定義」から「詳細設計」に至る段階だけに留まらず，それをより具現化するために計画されたこれらの段階以降の製造，輸送，据付け，運用･保全及び廃却の各段階，いわゆる「製品ライフサイクル」の全段階に展開されるようになった．そして，これら DR の手順や手法を真に活用するためには，信頼性要求事項とディペンダビリティプログラムとの差異をなくす積極的なディペンダビリティマネジメントによる品質保証活動が重視されるようになった．

更にまた, ISO 9001 で, 設計･開発のレビューの実施が顧客からの要求事項となり, DR は，単に設計品質保証活動だけに留まらず，そのマネジメントの質的な向上まで求められるようになった．

(2) DR の国際規格

DR を体系的に運用する代表的な国際規格としては，IEC（International Electrotechnical Commission：国際電気標準会議）の IEC 1160 Formal design review[1] があった．これは，製品ライフサイクルの概念・定義段階から運用・保全段階までの適用を規定していた．この規格のより詳細な見直し改訂提案として，2002 年 10 月に IEC61160 Ed2 FDR：CD（Committee Draft）[2]が発行された．しかし，ISO（International Organization for Standardization：国際標準化機構）より ISO 9001 Quality management systems-Requirements（JIS Q 9001 品質マネジメントシステムー要求事項）[3] の 7.3 項（設計･開発），中でも 7.3.4 項（設計･開発のレビュー）のツール規格としての早期発行の強力な要請があり，これにより，残念ながら旧 DR 規格のその後の改訂作業は，設計･開発段階での DR を具体的に展開するツール規格として進められた．すなわち，この規格の適用範囲は，設計入力，概念・定義，設計・開発及び最終設計の各段階である．そして，この規格名も IEC 61160 Design review[4]となり，2005 年 9 月に正式規格として発行され，今日に至っている．これら代表的な国際規格の定義を以下に記す．

(a) ISO 9001（JIS Q 9001）：2000，設計･開発のレビューの定義

ISO 9001（JIS Q 9001）では，「7. 製品の実現」にかかわる「7.3.4 設計･開発のレビュー」として，以下で定義している．

> 設計・開発の適切な段階において，次の事項を目的として，計画されたとおり（7.3.1 設計・開発の計画参照）に体系的なレビューを判定するために行われる活動を行うこと．
> a) 設計・開発の結果が要求事項を満たせるかどうかを評価する．
> b) 問題を明確にし，必要な処置を提案する．
> レビューへの参加者として，レビューの対象となっている設計・開発段階に関連する部門の代表が含まれていること．このレビューの結果の記録及び必要な処置があればその記録を維持すること．（4.2.4 記録の管理参照）

(b) IEC 61160：2005，レビュー及び DR の定義

IEC 61160 の「3 項，用語及び定義」では，レビュー及び DR について以下で定義している．

> (1) レビューとは，設定された目的を達成するための検討対象の適切性，妥当性及び有効性を判定するために行われる活動（注：この定義は，ISO 9000（JIS Q 9000）3.8.7 項[5] と同文）．
> (2) DR とは，現存するまたは提案された設計の，計画されたまたは文書化された独立なレビュー．
> 注 1：目的には，完全に規定された要求事項を満たし，どのような実際の，または潜在的な不足も識別し，解決策の開発を提案する設計の機能の評価を含む．
> 注 2：DR 自体は，適切な設計を確実にするには十分でない．
> 注 3：設計は，製品またはプロセスでありうる．
> 注 4：DR は，会議またはほかの文書化されたプロセスによって達成できる．

以上の定義から，レビュー及び DR とは，組織が計画または文書化した体系的かつ独立な活動を意味する．特に DR の展開では，ディペンダビリティプログラムを基に信頼性要求事項を満たせるかどうかの問題を明確にし，必要な処置の提案とその評価を行う．すなわち，IEC 61160 の DR では，設計・開発からのアウトプットに対する検証（verification）と妥当性確認（validation）により設計品質の確認及び製品の品質保証の重要な一端を担う体系的かつ独立なディペンダビリティマネジメント活動でもある．このような活動における製品開発プロセスと DR の関係を図 4･5 に，また DR の展開プロセスを図 4･6 に示す．

なお，IEC 61160 の適用範囲は，設計・開発にかかわる設計入力から最終設計の段階まではあるが，そのほかの製品ライフサイクルに対しては，例えば図 4･5 の設計を製造や使用

などに置き換えることで，図 4･6 の展開は可能となるであろう．

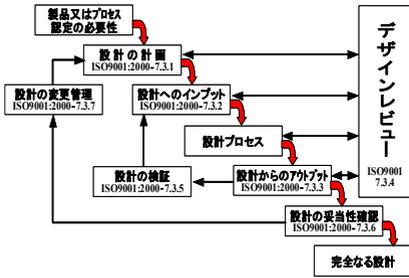



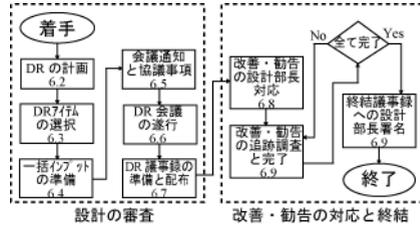
図 4・5　製品開発プロセスと DR の関係 [6)]

注：図中の数字は IEC 61160 の 6. DR プロセス
の詳細関連項目を示す．

図 4・6　DR の展開プロセス [7)]

(3)　DR の日本への導入とその進展

日本での DR は，MIL 規格などを参考に防衛庁（現防衛省）を通じて最初に導入され，電電公社（現 NTT），国鉄（現 JR），NHK といった公的機関の関心を引くこととなり，それぞれの取引先企業への導入が検討された．この時期の DR は「設計審査」と訳されていて，基本的には米国と同様に調達品の設計品質の向上をねらいとしたものであった．

なお，1976 年に発足した日科技連「信頼性デザインレビュー委員会」では，この「設計審査」という言葉について議論され，以下の結論に達した [8)]．

> 審査という言葉が企業の若い技術者には必ずしも良い印象を与えない．審査→監査→検閲など威圧感を伴うもので，参加しても変に身構えたり，討論を避けたがったりする心配がある．デザインレビューは，本質的には設計者の批判や欠点をあげへつらうものではなく，専門家や経験者が良い設計となるよう設計者に協力するものであるべきである．このようにして，試作品での試験の失敗，量産時の不良，出荷後のトラブルなどの予防や製品のメリットの改善が目的であり，また実態もそうあるべきである．そして，この委員会では以後「デザインレビュー」と呼ぶことにし，その略称を DR とした．
> **【注：本節においても，この結論を基に *Design review* をデザインレビュー（略称を DR）とした】**

DR は，当初防衛機器や公共機器の製造業者が中心となり創意工夫がなされたが，信頼性を確保するための開発手順とその管理手法が注目された．また企業内活動として設計品質を高める「設計品質の管理」という面で大いに役立つものとなり，その後の産業用及び民生用の製品，中でも耐久消費材への適用へと進むのには，時間を必要としなかった．

このように，日本の DR は，まず大型の受注システムや業務管理システムなどの中核企業を中心とした受注型の製品生産に適用された．そして原型やアイデアは既にある自動車や家電産業等の大企業を中心に，その他協力会社による大量生産を目的とした，いわゆるキャッチアップ型・階層型産業組織による製品開発 [9)] の製品ライフサイクル全般に適用されるようになった．

(4)　今日的な DR の特徴

近年の製品開発は，顧客の志向も多様化，個性化が急速に進展し，単に企業の視点から良いものを量産効果でたくさん作っても買ってもらえる可能性が少なくなってきている．

また，製品の短納期開発やコストダウン競争の対応としての同時並行開発（concurrent engineering）をはじめ，外部委託生産（outsourcing）や連携・共同行動（alliance）施策を中

核としたスペシャリスト的企業の技術協力で「情報に価値を創造する」，いわゆる異業種企業協調型・ネットワーク組織による展開[9] が重視されるようになった．ここでの設計・開発業務は，広く外部の専門業者にも委託するようになり，単一企業，すなわち自社完結型だけで一元的に製品開発を見通すことがますます困難ともなっている．

更には，設計に含まれる潜在的欠陥による市場での大事故などの社会問題化とその経営責任といった，いわゆる PL 対応やリスク対応などの安全性を考慮する必要がますます重要となっている．また環境保全の観点から，製品や部品などの再利用や廃却のリスクを考慮する必要がある．

したがって今日的な DR は，このような複雑な設計・開発システムにおいて設計･開発の「質」を高める手段としての設計･開発プロセスのみならず，製品ライフサイクルの全段階に渡る設計･開発の質にかかわる種々の要求事項にあまねく気配りし，それぞれの要求事項に対し現状での最も有効な技術を用いて設計することへの適用が以前にも増して望まれている．しかも，システムの各要素の品質・信頼性水準を揃えムラのない設計を行う必要があり，それに加えてコストと納期とのトレードオフも重要なレビュー要素ともなっている．

今や DR は，時代の流れに必須の手段である．すなわち，製品の品質保証にかかわる一端を担う重要な手段としてのみならず，株主訴訟，企業維持，投資の効率など，経営者自身が開発の責任者になってきて経営及びリスクマネジメント面からの経営上の重要な手段になっている．

これらをどのように対応していくかは，それぞれの組織の責任ではあるが，技術の制約，自らの技術能力，組織の目的及び責任体制まで含めた DR を広義の解釈で幅広く行う必要がある．このような観点から拡大する DR の検討項目を支える要素についてまとめたものを図 4･7 に示す．

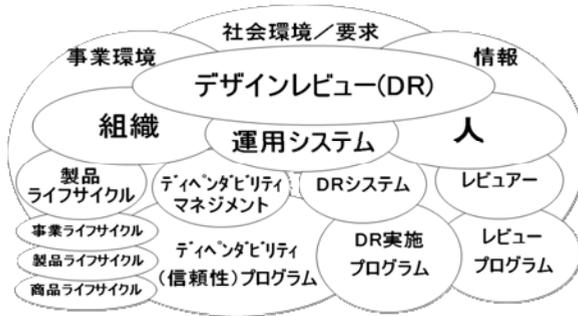



図 4・7　拡大する DR の検討項目を支える要素

4-2-2 DR 実施上の基本的な考え方及びその進め方と編成

ここでは，図 4･5 の DR を支える運用システムから DR 実施プログラム及び人からレビュープログラムにかかわる，実施上の基本的な考え方及びその進め方と編成について以下に記す．

(1)　DR 実施上の基本的な考え方[9)]

ここでは，DR 実施上の基本的な考え方の注意点や着眼点などを以下に列挙する

(a)　DR 実施上の基本的な注意点

DR を実施するうえでの基本的な注意点は以下となる．

① 経営トップの理解と熱意及び損失コストの未然防止の実施と促進．
② 各部門の意見・疑門を洗い出し，設計者に協力：設計担当者の責任追及しない．
③ 参加者は常に自部門を代表する責任ある意見：評論家は許さない．
④ 記録をもとにフォローアップの確実なる実施：問題の文書化とフォローアップ．
⑤ 開発アイテムのグレードや主要部分に限定した実施．そのためには，設計内部での前もっての詳細な DR も大切．

(b)　製品ライフサイクルからみた着眼点

製品ライフサイクルのそれぞれの段階によっては，そのレビューの重点は異なるが，全段階を通した着眼点は，以下の事項が一般的にレビューされる項目である．なお，特に近年はリスクマネジメントをはじめ，安全及び耐環境対策の観点から，製品ライフサイクル全段階に注視することが重要となっている．

① 顧客の要求が漏れなく満たされているか．
② 使用環境に対する配慮の手落ちがないか．
③ 従来の経験は生かされているか．
④ システム内での相互干渉などはないか．
⑤ 人間－機械系として操作上，安全上，保全上問題はないか．
⑥ 製造工程で問題が生じないか．
⑦ 梱包，出荷，輸送，廃却などの過程に対し配慮されているか．

(c)　体系的かつ組織的運営からみた着眼点

体系的かつ組織的な運営の観点からの着眼点は，以下の事項となる．

① 組織活動の適正化．
② 情報の組織内における公開化．
③ 組織運営の計画の具体化と監視．
④ 計画の正式化．
⑤ 計画の具体化の方向監視．
⑥ 組織内活動の平準化と事前準備．
⑦ 組織内各部の責任と参画意識の向上．
⑧ 情報の活用による経営の効率向上と次開発計画の立案．
⑨ 組織運営の透明化．
⑩ 組織の効率運営と運営能力の向上．

(d)　実施目的からみた着眼点

DR 実施目的の観点からの着眼点は以下となる．

① レビューする目的は何か．
② 要求，目標などの内容は，はっきりしているか．
③ その内容には，機能，性能，寿命，信頼性，コスト，時間が含まれているか．
④ レビューは，対象となる内容の十分な説明が必要で，その対応がされているか．

⑤ 必要な関係者が集合できているか．

⑥ レビューは公式化されていて，必要経費が充当されているか．

⑦ レビューは，自由闊達に議論できる体制に準備されているか．

⑧ 組織として開発，設計，試作，試験，製品化のプロセスが公式化されているか．

⑨ DR の手順が正式していて，レビューの結果は十分検討される対象になっているか．

(2) DR 実施上の基本的な進め方と編成

(a) DR の形態

ISO 9000 の 3.8.7 項では，レビューの例として，「マネジメントレビュー」，「設計・開発のレビュー」，「顧客要求事項のレビュー」及び「不適合のレビュー」があげられている．

従前の DR は，この内，検図などに代表される「不適合のレビュー」から始まり，顧客要求事項を満たす設計品質の確保のための「設計・開発のレビュー」へと発展した．

今日的な DR は，製品ライフサイクル及びマネジメントの観点から，これらすべてのレビューを包含したものが必要となっている．そして，DR 実施の有効性についてのその他追加的期待には，以下があげられる．

① 特に設計・開発及び試験結果の問題点及び過誤を探し出すこと．

② 過去の経験や情報を活用すること．

③ 顧客の要求の問題点や不足点に対し対策をとること．

④ 組織内の関係者に，プロジェクトに対する参加意識をもたせるモチベーション．

⑤ 顧客要求の問題点に対し対策をとる強力なバックアップ．

⑥ 客先に対する信頼を得る手段の一つ．

⑦ 組織内の知恵を集める．

しかしながら，DR の推進や展開上の主な問題点として以下があげられることが多々ある．

① 形式上のイベントになっているため，使える DR にする必要がある．

② DR 主催者の報告会のようなかたちになり，形式的になってしまう．

③ 審査抜けのない仕組みが難しい．

④ 資料作成が難しく，わかりやすく過不足ないようにできない．

⑤ 始めたばかりなので進め方や内容に個人差がでてしまっている．

これらの問題は，前記本節（1）の DR を実施するうえでの基本的な考え方の注意点や着眼点などの不備，中でも同（d）が不十分でかつ上記のその他追加的期待も含め，すべてを一つの DR で解決しようとして生じたものと推察する．

体系的かつ組織的な DR を行うには，ディペンダビリティプログラムをもとに DR を実施目的の観点から具体的に実施する代表的な方法としては，以下のチームレビュー，プロジェクトレビュー及びステータスレビューの三つの区分に分けて行う方法が有効と考える．

a) チームレビュー

開発チーム内の作業からそのチーム活動全体の作業結果の到達可能性を判明することを目的とした，書類及び技術的な作業のレビューをいう．ここでは，そのほかの技術的解決，コメントと承認，改良と知識移転などがレビューの対象となり，場合によっては公式な会議の前もってのレビューを含むこともある．

b）プロジェクトレビュー

開発チームの一つ以上からなるある一つのプロジェクト，あるいはこれら複数のプロジェクトまで含み，それらの管理及び技術的活動の状態並びにその進捗を評価することを目的としたレビューをいう．ここでは，そのほかのレビュー項目として，プロジェクト計画の実際と結果の達成度（有効性）の判定，新規／変更要求が管理されていることのチェック，未解決アイテムとリスクのチェック，次段階への現実的な計画の承認などが対象となる．

c）ステータスレビュー

マイルストーンレビューあるいはマネジメントレビューともいう．これには，事業運営の観点から対象とする開発の全体動向，製品開発プログラムまたはそのプロジェクトの全体状態及びこれらの進捗の評価に基づく対象プロジェクト計画と実際の活動結果との差異のチェック並びに次段階への現実的な計画の確保を行うことを目的とし，組織としての公式な承認レビューをいう．

製品開発の最小単位である開発チームから出発し，そのプロジェクトレビュー，更には事業運営の観点からのステータスレビュー，すなわち ISO 9000 のマネジメントレビューへの展開の流れを図 4･8 に，またこのような三つのレビュー形態とその特性例を表 4･5 に示す．

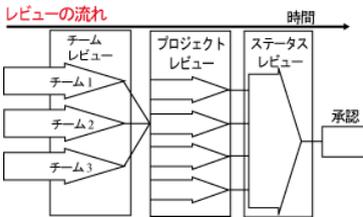



図 4・8　三つのレビューの流れ

表 4・5　三つのレビューの形態とその特性例

特　性 ＼ レビュー形態	チームレビュー	プロジェクトレビュー	ステータスレビュー
規　模	3～5 名	5～15 名	10～15 名
管　理	チームが全て管理	指定事務局管理	組織で管理
責　任	責任集中	責任は一応明確	責任分散
効　率	業務効率良い	業務効率中位	業務効率低い
品質保証	チームの品質保証	プロジェクトの品質保証	組織としての品質保証

一方，マネジメントの観点から，問題解決の進化の段階として以下の三つがある．

① 火消し型の問題解決･････（例えば，苦情･クレームや事故対策など）．

② 課題型の問題解決･･･････（例えば，新製品開発や新技術対策など）．

③ 課題探査型の問題解決･･･（例えば，社会的共存やマネジメント対策など）．

DR の導入と展開に際しては，上記の観点からの段階的な導入と展開が肝要となる．すなわち，火消し型の問題解決から課題型の問題解決においては，品質・信頼性にかかわる身近な問題の「機能」を重視した，いわゆる「機能別品質・信頼性保証システム」の構築または見直しと並行した DR の導入と展開が重要となろう．

また，課題型の問題解決から課題探査型の問題解決においては，製品ライフサイクルを重視した定常的なシステム運用の確立である．ここでは「ステップ別品質･信頼性保証システム」に連動した DR の展開が重要となろう．

これらのことは，ディペンダビリティプログラムの運用の観点からの部分最適から全体最適への展開，すなわち DR を通し業務最適から機能（部門）最適化を図り，更に組織全体最適化からサプライチェーン全体最適化へ段階的な展開が肝要となるといえよう．

(b)　DR の流れ

チームレビューとしての事前レビューまたは個別レビューの流れの概要例を図 4･9 に，またプロジェクトレビューまたはステータスレビューの流れの概要例を図 4･10 に示す.

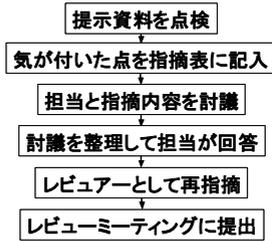
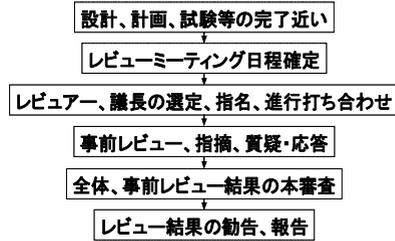



図 4・9　チームレビューの流れの概要例　　**図 4・10　プロジェクト/ステータスレビューの流れの概要例**

(c)　DR 編成の注意点・着眼点[10)]

DR の編成に際しての注意点として，以下があげられる.

① レビューチームは，一般に事務局とレビュアー（審査員）で構成.

② レビュアーは,原則関連部門の代表であり適任者をその都度選定及び指名する方が合理的.

③ 事務局は，組織上のミッションとして決めておく．管理部，技術管理部，品証部，信頼性部等の中立部門が好適.

④ 事務局は，事前の任務として規定，手順，様式，チェックリスト，標準資料作成案，議事進行案，資料アーカイブなどを用意.

⑤ レビュアーのチーフとして議長を選定，または組織の長の指名を受けておく．原則としてラインの長，大声の人，偏見の強い人など中立性のない人は選ばない.

⑥ レビュアーは，議長が選定する方法が多い.

⑦ 事務局は，議長と共に被レビュー部門に対し常に中立を保つこと.

⑧ 事務局は，レビューの資料内容の事前評価，議事録の作成，報告書原案の作成，指摘表のまとめなど，被レビュー作業以外のレビューにかかるすべての業務を行う.

また，レビュアーの立場と資質に関する着眼点としては，以下があげられる.

① レビュアーは，審査チームの一員である.

② レビューは，全体的にかつ広く関連部門の専門家集団で専門的に行う.

③ レビューの積み重ねは，組織の開発力向上に寄与できることを認識する.

④ レビューは，事前のチェックリスト，レビュー基準などを参照し，経験，情報，調査などの結果を十分反映する.

⑤ 設計のレビューは，製品開発の直接当事者以外からも選任する.

⑥ 製品開発を直接的にサポートする営業，資材，生産，保全，輸送，検査，品質管理などの立場を認識する.

⑦ レビューの結果,チームと担当と意見が違ってもよい.最終は組織の長で判断される.

⑧ 恫喝，大声は禁物．じっくり討議することが必要.

⑨ 中立性を保てない人は，レビュアーには不向き.

(3) DR の役割分担[10)]

一般に，レビューは上級の人が下の人の成果を審査するという習慣的理解があるが，DR におけるレビューは基本的には対等で行うことが重要である．DR の主要メンバーの役割とその責務について以下に列挙する．

(a) レビュアーの役割と責務

① 関連部門の専門家代表でありまた基本的には対等である．それぞれが普段の情報を報告し，登録された項目をもとに審査，具申，指摘する，いわゆるレビュアーによる専門的設計確認作業である．

② 審査は，手順，チェックリスト，事前の情報，経験で比較し，その差を指摘する．

③ 感覚も必要だが感情を入れてはいけない．大声，恫喝，圧力，主張は禁物．中立性の尊重．

④ 意見の違いは，相互に確認，文書化し，本会議に提出する．

(b) 議長の役割と責務

① 顧客，株主の立場を認識すること．

② 組織内での中立の立場をとること．

③ レビュアーの業務を支援し，まとめること．

④ 議長が先導して審査しないこと．自由，闊達，それぞれの立場で審査できる雰囲気をつくること．

⑤ ラインの説明も自由にできるよう雰囲気をつくること．絶対大声，恫喝はしてはならない．

⑥ 事務局の業務を管理すること．レビュー結果をまとめ，勧告をつくること．

⑦ 審査の中で取り上げられた重要なテーマは，報告に記載すること．

⑧ 組織の長には，議長自身で報告，勧告を行うこと．

⑨ 報告，勧告後のラインとの調整には，参加し，組織の長の決定を支援すること．

担当する議長の長所と短所を表 4･6 に示す．

表 4・6　担当する議長の長所と短所

ラインの長が議長担当	中立の議長を選定
● プロジェクト指向	● 中立的評価
● 費用中心	● 公平に情報を集約できる
● 情報が偏る	● 過去の経験を反映できる
● 即断、即決	● バランスを持って判断
● 責任明確	● 多少時間が必要
● 重要な情報を失う	● 費用に偏らない
● 全社体制を犠牲	● 独立した勧告が出る

(c) 事務局の役割と業務

① 日程を調整，決定する．

② 議長，レビュアーを選定してもらい，委嘱する．

③ レビュー内容の調査，確認，議長と調整して審議方法を決める．必要に応じて提示資料の内容調整をする．

④ レビューの手順を決定後，具体的な方法（分科会方法，事前審査方法，レビュー方法など）を調整する．
⑤ すべてのレビュー業務の管理．
⑥ 資料の準備，配布，説明資料の準備，指摘表の配布，登録，すべてのレビュー資料の保管，アーカイブの提供．
⑦ 議事録の作成，報告書原案の作成，議長との調整，組織の長への提出と支援．
⑧ レビューにかかるすべての規定，手順，様式などの準備．
⑨ レビューの効果を高めるための方法の研究．特にチェックリストなどの準備．
⑩ レビューにかかる効果の分析及び方法の研究．

(4) DR の説明と勧告及び報告 [10)]

(a) 設計担当者の説明

DR の主役でもある設計担当者が説明する際の注意点について以下に列挙する．

① 設計（または計画）は，審査員に理解されてこそ完了したと認識すること．
② 作業で作成した文書も当然提示資料であるが審査員に理解してもらうための資料も作成すること．
③ 資料は，要求を満足していることを説明するものであること．
④ 作業の過程，途中の諸問題，結論の根拠，未解決問題，実績との対比，要求に適合しない事項のトレードオフ，寿命評価，生産，運用の特異管理項目，最悪条件に対する余裕，異常時の対応，チェックリストによる点検結果，クリティカル事項の対策，次作業に対する引継ぎ事項などを製品ライフサイクルの各段階により選んで資料を作成すること．
⑤ 審査員を絶対素人と思わないこと．顧客と思うこと．
⑥ 質疑応答はきちんとし，客観的な主張は大いに行うこと．

なお上記は設計担当者の例ではあるが，その他部門の代表者の説明においても共通の注意点でもある．

(b) DR 会議の勧告及び報告

DR 会議の勧告及び報告に際しての必要な項目について以下に列挙する．

① レビュー対象製品，DR（開発）の段階またはレベル，レビュー項目．
② 議長，レビュアー名，担当範囲，レビュー時間．
③ 指摘表リスト，各レビュー項目の結論．
④ 指摘した項目の問題となった項目とその論点．
⑤ レビュー項目のレビューチームとしての提案，勧告（有効性を含む）．
⑥ 指摘項目中の，結果としての設計変更のリスト．
⑦ 開発を進めるに当たっての，クリティカル事項，要注意事項，監視項目，並びに開発スケジュール，費用，要求事項などの提案事項．
⑧ 次工程に進むに当たってのアクションアイテム．

4-2-3 まとめ

組織の存在は，先を読んで投資することにあり，投資の主体は開発であろう．開発はリス

クを伴うので, リスクを回避するための手段が必須である. それが開発マネジメントであり, 経営者は開発をマネジメントする責任がある．開発計画を効率的に進めるために DR が機能する．DR は，組織運営の基本であり，手段でなければならない.

DR は，トップが意識し全員参加によって成功する．有効な DR は，情報の活用，技術の標準化，理解できる説明，問題の共有化，マネジメントの決断によって成り立つ．すなわち，DR の実施には，開発体系（ディペンダビリティプログラム）が整備されていることが必要条件であり，また DR の効果は，この体系と信頼性要求事項とを比較し，その差異を組織的かつ体系的に設計品質を改善し，マネジメントすることにある.

本節では，DR にかかわる生立ちとその進展について述べ，更に DR 実施上の基本的な考え方とその進め方についてチェックシート形式でまとめてみた．ここでの提案を基にした DR の活用による効果的な開発に寄与できれば幸いである

【参考文献】

1) “IEC 1160 1st Ed. Formal design review,” Geneva., 1992.
2) “ISO 9001 Quality management systems-Requirements,” Geneva., 2000.（JIS Q 9001 品質マネジメントシステムー要求事項，日本規格協会，2000.）
3) “IEC/56/827/CD,” IEC 61160 Ed.2: Formal design review, Geneva, 2002.
4) “IEC 61160 2nd Ed. Design Review,” Geneva., 2004.
5) “ISO 9000 Quality management systems-Fundamentals and vocabulary,” Geneva., 2000.（JIS Q 9000 品質マネジメントシステムー基本及び用語，日本規格協会，2000.）
6) 文献 4) の “1.1 Figure 1: Design and development process,” p.11.
7) 文献 4) の “6.1 Figure 2: Design review process,” p.11.
8) 日科技連, 信頼性デザイン･レビュー委員会, “デザイン･レビュー･ガイド, ” 日本科学技術連盟, 1978.
9) 西干機，“管理からみた信頼性の意味と変遷，” 日本信頼性学会，信頼性，vol.27，no.4，2005.
10) 下平勝幸，西干機，“デザインレビュー，” 中部品質協会，2006, 2007.

4-3 ライフサイクルコスティング（Life cycle costing）

（執筆者：夏目　武）［2009 年 6 月 受領］

ライフサイクルコスティング（Life cycle costing）は日本工業規格 JIS Z 8115（2000）：信頼性用語に次のように定義されている.「製品のライフサイクル全般またはその一部のライフサイクルコストを評価する経済分析のプロセス」. 当該製品もしくはシステムの要求信頼性及び保全性を実現するためのディペンダビリティプログラムマネジメントプロセス（Dependability management process）が設定されるが，ライフサイクルコスティングはその一手法として位置づけられている. IEC TC56-Dependability の取り扱っているディペンダビリティ関連の国際規格は現在 42 文書が発刊されている. これらの文書は Tool Box Concept-道具箱の概念から構成されている．必要となる規格を採用し，これらの選定と組合せにより，目標に適合したディペンダビリティプログラムマネジメントプロセスの集合が設定される．ライフサイクルコスティングプロセスはその一つのプロセスとしてマネジメントシステムの下に機能する．当該プロジェクトが設定されて，全体システムのライフサイクルに従って管理運営が行われるが，これらはディペンダビリティマネジメントシステム（Dependability management System; DMS）として関連づけられ独自の管理が併行して実施される．ライフサイクルコスティングプロセスから評価分析データは DMS のみならず全プロジェクト管理における意思決定プロセスへ，一つの重要要素として提供される.

4-3-1 マネジメントプログラムとライフサイクルコスティング

ディペンダビリティマネジメントプログラム，すなわち，信頼性保全性管理プログラムは製品もしくはシステムの要求品質のうち信頼性と保全性及び保全支援に特化した要求を当該製品に対して適用し実現することを目標としたものである. そのための全体構成, プロセス，評価，適合性確認，製品もしくはシステム保証宣言とプロジェクト評価などが適正に推進される．また，障害時と関連事故に関して，社会的影響，特に安全への評価と対策の万全性などが包含される．それはすべての関連要因は時間の経過と共に変動要因をもち，現時点のデータのみならず過去のデータ，将来への予測評価データと不確実性要因の分析とその扱いが要求される．規定された 6 段階（6 Phases）からなるライフサイクルプロセスを規定し，段階的に要求特性の実現化に向けて，進捗する．新たな段階への移行時は適合性確認評価分析データを中心とした情報に基づきホーマルデザインレビューを行うことにより当該プロジェクト全体の合意の下に行われ，進捗を確実なものにする．移行の最終決定は当然，新技術導入の是非，設計要素の選択，不確実性要素の特定化と最小化，など様々な場面において意思決定が行われるが，加えてより現実的なプロジェクト管理の意思決定要素にはライフサイクルコスティングの評価結果が適正な意思決定への大きな役割を与える．ここでは，マネジメントシステムとは要求品質のうち信頼性安全性に特化したプログラムを遂行するうえでの組織と諸活動単位構成，諸資源とその活用計画，全領域の適合性費用か試験計画，組織的責任体制，手順，諸プロセスなどの関連したすべての要素を含む系をいう.

ディペンダビリティマネジメントプログラムの詳細は IEC 60300-2 に記述されている．要求信頼性安全性を実現し，これを保証するための諸活動を六つの要素と 32 の作業に分類し，

これらを所定のライフサイクル全般に展開する. ライフサイクルコスティングは第 20 作業として明記されている．これらの作業群の一覧は末尾に引用してある．それはライフサイクルプロセス全般にわたって設定し，実施することその評価分析結果に基づいた次の項目が技術的指針として示されている.

- 目標達成のためのプログラムの設定とその時点でのトレードオフ
- 目的仕様値への適合確認のための最重要点，要素の特定とその製品原価に対するコスト影響度
- 設計時の選択要素と代替案や保全設計への移行
- コスト評価とその管理制限下での製品アベイラビリティ性能の最適化
- 環境への影響を配慮した製品廃却計画，及び計画原価管理下でのリスク削減計画の設定

4-3-2 適用範囲 ― 信頼性，保全性，安全関連リスク

信頼性，保全性及び保全支援は系の要求信頼性を維持するためには補完的関係にあり，設計段階で各々の機能を特定できる．当然両者のトレードオフが可能となる．これは機能維持のための対策を設計時に行うかまたは, 運用保全時に継続するかの配分の可能性を意味する. また，近年の TC56 国際規格化作業委員会は作業分担の範囲をディペンダビリティ関連分野からリスク評価分析の分野へと拡張している．これは信頼性，保全性，安全性の統合的な取り扱いと関連付けのもとでのディペンダビリティマネジメントプログラムを前提としている. 従来のディペンダビリティ関連分野では系の障害は系自身の設計された機能としての自律的回復もしくは停止及び保全修復活動により，系は必ず回復することを前提としていた．これらの系の故障や障害からの防御機能を備えているが，その完全性を維持管理できない系の運用環境，社会環境，ビジネス環境とこれらの急激な変動が存在する．これらの防御層が突き破られたときにリスクが発生し，系は大きな障害や事故へと誘発される．系とその取り巻く環境の多様性と複雑性が増大傾向の下での適用範囲を拡張して当該製品やシステムの機能保全と安全維持は当然の結果であり，設計投資の配分が重要となり，コスト評価分析もまた当然の管理活動となる．ライフサイクルコスティングプロセスも当然この範囲で適用を前提としている.

高信頼度部品の採用，部品水準での冗長設計，系としての冗長性設計，余裕度のある運用時間や回数の設定，保全活動計画の余裕設計などの信頼性活動が考えられる．一般に，系の初期値は運用時間経過に対して完全性は保存されないと仮定する．そのライフサイクル全般の時間経過の中で，その故障や不具合の状態からの逸脱がリスク発生への導火線となりうる可能性の評価が信頼性維持の評価と併せて重要となる．そこには多くの意思決定の場面があり，ライフサイクルコスティング手法に基づいた技術支援が有効となる.

4-3-3 ライフサイクルコスティングの適用

一般用語としてのコストは製品原価を意味する．1962 年に大蔵省企業会計審議会が中間報告として公表した会計基準が，現在の原価計算に関する実践規範となっている.

ライフサイクルコスティングで用いる用語，コストは製品のライフサイクル全般，製品仕様，設計，製造，据付，保全，廃却にいたる全過程において当該製品にかかわる事項について発生するすべての経費とそれらの総計を指す．したがって，現在の原価計算基準の目的か

ら逸脱している．が，製品の機能目的の社会的基盤からの効率化と最適化を評価検討するときには有効な枠の拡張と考える．ここで用いるライフサイクルコスト（Life Cycle Cost, 以下 LCC と略記）はライフサイクルコスティングプロセスからの成果またはその詳細で，アイテムの一つの特定したライフサイクルを通して発生するコストの総計となる．

例えば，次のような分割も可能である．

LCC = 取得コスト + 所有者コスト + 廃却コスト

$LCC_t = CCD + CDD + CM + CI + CDM + CD + CL$

CCD：概念及び定義段階コスト
CDD：開発・設計コスト
CM ：製造コスト
CI ：据付コスト
CDM：運用・保全コスト
CD ：廃却コスト
CL ：間接損害コスト
t ：ライフサイクル期間における評価時点を示す指標

$LCC_t = C_{inv} + C_{main} + C_{conseq}$

保全投資コスト　保全コスト　間接損害コスト

これは簡単明快な式であるが，これらの要素が展開されて，実務水準の分析評価のためのコストの細分化構造作成または作業細分化構造や製品細分化構造へと展開されることになる．

4-3-4 ホーマルデザインレビューと製品保証

製品もしくはシステムの保証（Product Assurance, System Assurance）は，当然の企業管理目標である．当然，製品の要求機能及び性能などに加えて要求信頼性，安全性及び社会的ニーズとしての要求値も併せてそれらの実現化の確認と保証が要請される．製品保証もしくはシステム保証とは所定の製品仕様書に適合した製品であることをまた，当該製品にかかわる技術的経済的法的諸問題を解決し市場に提供できることを顧客と当該マーケットに対して宣言することである．これは供給者側の確信と利用者側の信頼及び市場活動の安定を意味する．この目標達成のために IEC 60300-1/-2 は信頼性管理体系（DMS）の下にライフサイクルプロセスの設定と信頼性プログラム管理に基づいた作業群の選定と実施計画が用意できるように技術指針を提供する．加えて，ライフサイクルプロセスの設定とそれに基づいた逐次的で技術累積的技術成熟を達成するための方法として段階ごとのプロジェクトと製品レビュー，進捗状況，問題への対策案と経過，不確実性要素の特定と処理方法の決定もしくは条件付承認などの評価と移行審査が行われる．

一般に最終判断としての意思決定は全体統括者の責任において，制約や条件などの明確な付帯条件を含めて行われる．このような実務としてのビジネス環境ではライフサイクルコスティングプロセスでの分析評価は，これらの活動評価と特定化された製品水準の維持を目標とした諸活動における意思決定プロセスでのコスト評価のために，また，プロジェクトの成

否の最終評価の場面などで極めて重要な指標となる．

4-3-5 意思決定プロセスとその状況

信頼性目標値の実現のためには DMS を構築し適正なライフサイクルプロセスに沿った信頼性プログラムとその作業区分と技術選択が要求される．加えて，これらをビジネス条件と状況に沿って健全に進捗することが求められるが，そのためにはプロジェクトマネジメントによる管理が，現在ビジネス環境での一般的常用手段である．プロジェクト管理は当該ビジネス活動において，開始日と終了日をもち，調整され管理された一連の活動である[14]．設定された目標に対して，計画と実施，コスト評価と分析，リスク管理，構成管理，文書化と情報管理などに加えて意思決定プロセスが特定される．ここで取り扱う意思決定プロセスは特に信頼性プログラムに関連するライフサイクルプロセスに沿った意思決定として扱う．段階移行の決定，新技術選択と導入，有効性の評価，問題解決と条件設定，未解決問題の解決までの条件設定，試験と被試験領域の選定，システム試験打ち切りの時点，不確実性要素の特定，不完全活動の特定と評価，リスク評価とその対策案への対応などが対象となる[11]．加えて技術的意思決定に対して，総合的視野に立ったライフサイクルコストを配慮した再評価と意思決定が求められる．信頼性要求値の水準にも相関するがライフサイクルの時間的経過を予測する精度とそれぞれの時点での不確実性要素が内在し，各種の場合に対する意思決定の選択肢を増やす．当該製品のためのプロジェクトと製品に対して，そのライフサイクルプロセス全般を通したライフサイクルコスティングプロセス[16, 17] の適用の場面が継続することになる．

当該規格においては，ライフサイクルコスティングプロセスを経た公式分析結果報告書並びに経営者要約の発行によりプロジェクトチームとそれぞれの関連部署での意思決定のための資料として提供される．

一般に，プロジェクト進捗下での各階層ごとの意思決定の時機と方法及び付帯条件は　プロジェクト計画書に定める（参考文献 20）参照）．なお，ISO/IEC 15288 では意思決定プロセスとして別途設定している．それぞれの管理責任と権限の範囲で，例えば次のような事項が取り扱われる．

- 要求ディペンダビリティの実現への過程での実現可能性の評価
- 新技術採用と代案の評価
- 技術的トレードオフ
- 問題解決策の判定もしくは先送り
- 各段階でのリスク評価と対応
- 次段階移行への決定と条件
- 予算枠外支出への対応
- 信頼性システム試験の打ち切り時期と初出荷の時期決定

特に，ディペンダビリティのように主要要求機能に対して時間的経過状況と併せて多くの予測値を要求される場合は，当然多くの不確実性要素と予測値算出のための仮説に基づいたデータによる意思決定の場面が存在することになる．

最適効用理論のような美しい論理性は望めない，より正確なデータと併せて多くの経験，累積した事例，実績と類似状況判断等感覚的要素が必要となる．

また，健全なリスク評価と対応が併せて求められる．しかし，最小労力の選択及びビジネス最優先の目先の利のための選択という二つの根源的選択への潜在力の存在を忘れるべきではない．

4-3-6 手法と問題点

JIS C 5750-3-3(2008)ではライフサイクルコスティングプロセスについて次の手法とプロセスが紹介されている．

-ステップ 1：ライフサイクル コスティング プロセスの設計と計画立案
-ステップ 2：コスト細分化構造 CBS（Cost Breakdown Structure）の特定，コスト分類構造，コスト分割構造，コスト要因分析構造
-ステップ 3：製品細分化構造 PBS（Product Breakdown Structure）及び作業細分化構造 WBS（Work Breakdown Structure）の特定
-ステップ 4：コストカテゴリーの選定とコスト区分の選定
-ステップ 5：コスト要素の選定
-ステップ 6：コストの見積り計算
-ステップ 7：安全の側面からの評価
-ステップ 8：環境の側面からの評価
-ステップ 9：不確定性とリスクの評価
-ステップ 10：コスト変動要因を特定するための感度解析（Sensitivity analysis）
-ステップ 11：結果のプレゼンテーション及び報告書作成

ステップ6でのコストの見積り計算法としてはa:エンジニアリングコスト方式(Engineering cost method)，b:類似コスト方式（Analogous cost method），c:パラメトリックコスト方式（Parametric cost method）が示されている．a は設計された部品や構成品ごとの見積りコストを用いる方式，b は類似製品の過去の資料をもとに参考，修正して見積もりする方式，c はコスト見積りを，構成コスト要素をパラメータとしてすべての変数として式を作成する．ここで，コスト要素は製品ライフサイクルの i 番目の計算時点における製品もしくは対応作業の構造細分化に基づく要素 i 及びコスト分類科目の特定からなり，その LCC 総計は次の式で与えられる．

$$\mathrm{LCC}_{\mathrm{i}} = \sum^{i} \text{コスト要素}\, i\, (\mathrm{PLC}_i,\ \text{コスト分類科目，製品細分化要素}\, i\,) + \alpha$$

PLC_i は製品ライフサイクルの i 番目の時点での計算時点，α は不確実性要素などの補正値

一般に，これらの LCC 見積り計算はいくつもの代案が用意されるが，より良いコスト評価分析結果の認識と説明のためにステップ 10 の感度解析を行い特定要素のうち影響度の高いものを検出する．これは要素の可能な範囲内での線形変動に対するコスト全体への影響度を見る擬似的な単純シミュレーションである．市販のシミュレーション適用プログラムもあるが，多くの場合，これらの計算は表計算プログラムで安易に可能である．階層化した場合の複雑性はそれぞれの変数を階層化したコード表示で回避できる．

4-3-7 ライフサイクルコスティングモデル化

JIS C 5750-3-3（2008）で紹介されている手法とプロセスはあくまでも一般論で，すべてのビジネスの適用可能な条件と必要事項が記述され推奨されている．特定製品には直接の適用はできない．より効果的なライフサイクルコスティングプロセスの設定とその精度のある出力のためには固有のモデル設定とデータの累積が求められる．また，調達プロセスなどのライフサイクルの部分的適用も有効である, また当該規格は信頼性に特化して記述しているが, この手法はあらゆる種類のプロジェクト管理において適用可能である．

4-3-8 今後の課題

ライフサイクルコスティングの手法は 1970 年代からアメリカを中心に発展している. しかし，手法としての多くの導入と発展を見ない．米国の軍事調達への適用は，取得総費対全寿命間の運用保全経費との対比というライフサイクルの部分的適用ではある．しかし，多くの展開を見ているが，産業界での適用例や展開は報告が稀少である．国際規格としての最初の制定は 1996 年で JIS 化は 2008 年とまことに遅れている．考えられる要因としては,

- 長期間プロジェクトとしてのライフサイクルには多くの不確定性要素が多く，正しい予測ができずコスト評価分析が確定しないこと
- ビジネス形態が，ライフサイクル全体のケースが少なく，コスト評価は不連続となり，本来のコスト適正化の評価ができないこと
- 最適意思決定プロセスには目前に迫る，契約納期，目標コスト，品質水準が大きな要素を占めていること
- 一般にコストそのものが社外秘で公開されていないこと
- 計算のためのデータベースが存在しないこと，またデータは一企業内での有効性をもつのみであること
- コスト変動要因の予測値評価への手法が確立されていないこと

などをあげることができる．これらの整備と問題解決が適正なライフサイクルコスティングプロセスの構築につながるし，プロジェクトマネジメントの一つの主要要素であることを認識したい．特に，データベースの設計とデータ収集及びモデル化の公開は内在する不確実性要素へのアプローチを支え精度のある信頼性を高めライフサイクルコスティングプロセスとその結果の評価分析の有効性を高めることになる．

また，意思決定プロセスにおける意思決定の合理性と論理性への完全性の追求の意味と最小労力の選択の理，目前の利への選択の理，黙示的資料敬遠の人間系要素の配慮など妻子有的には人間系要素の介入を認識しなければならない．

付記

ディペンダビリティマネジメント要素 — IEC 60300-3-3(2000)より引用，素訳

・ライフサイクルの段階

C&D - Concept and definition	製品概念と定義の段階
D&D - Design and development	設計と開発の段階
MFG - Manufacturing	製造の段階
INS - Installation	製品据付と納入の段階

O&M - Operation and maintenance　　運用と保全の段階
DIS - Disposal　　廃却の段階

表 4･7　ディペンダビリティマネジメントシステムの要素と作業

Dependability elements and tasks	
Element 1: Management	**要素 1　管理**
Task 1: Dependability plan	作業 1　計画
Task 2: Dependability specifications	作業 2　仕様
Task 3: Control of processes	作業 3　プロセス管理
Task 4: Design control	作業 4　設計管理
Task 5: Monitoring and review	作業 5　監視と評価
Task 6: Supply-chain management	作業 6　外部供給管理
Task 7: Product introduction	作業 7　生産準備
Element 2: Dependability disciplines	**要素 2　信頼性規律**
Task 8: Reliability engineering	作業 8　信頼性技術
Task 9: Maintainability engineering	作業 9　保全技術
Task 10: maintenance support engineering	作業 10　保全支援技術
Task 11: Standardization	作業 11　規格化作業
Task 12: Human factors	作業 12　人間系要素
Element 3: Analysis, evaluation and assessment	**要素 3　分析、試験評価、予測**
Task 13: Analysis of use environment	作業 13　使用環境分析
Task 14: Reliability modeling and simulation	作業 14　信頼性モデル化とシュミレーション評価
Task 15: Parts evaluation and control	作業 15　部品等の品質評価と管理
Task 16: Design analysis and product evaluation	作業 16　設計分析と生産ライン評価
Task 17: Cause-effect impact and risk analysis	作業 17　リスクおよび要因影響度分析
Task 18: Prediction	作業 18　予測と評価
Task 19: Trade-off analysis	作業 19　トレード-オフ分析
Task 20: Life cycle costing	**作業 20　ライフサイクル コスティング**
Task 21: Reliability growth	作業 21　信頼性成長
Element 4: Verification and validation	**要素 4　適合性確認と実証評価**
Task 22: Verification and validation strategy	作業 22　適合性確認および実証総合試験計画
Task 23: Dependability demonstration	作業 23　ディペンダビリティ実証評価
Task 24: Reliability stress screening	作業 24　信頼性ストレス スクリーニング

Dependability elements and tasks	
Element 5: Knowledge base	要素　5　知識ベース
Task 25: Knowledge base establishment	作業 25　知識ベースの確立
Task 26: Data analysis	作業 26　データ解析
Task 27: Data collection and dissemination	作業 27　データ収集と蓄積
Task 28: Dependability records	作業 28　信頼性データ記録
Element 6: Improvement	要素　6　改善活動
Task 29: Preventive and corrective actions	作業 29　予防保全活動と補修活動
Task 30: Upgrade and modification	作業 30　改良と変更
Task 31: Competence development and enhancement	作業 31　集中的開発と改良
Task 32: Management system improvement	作業 32　経営管理システムの改善

【参考文献】

1) IEC ホームページ，http//:www.iec.ch/，IEC/TC56 ホームページ，http://tc56.iec.ch/
2) JIS Z 8115(2000), “ディペンダビリティ（信頼性）用語，” 日本工業標準調査会審議，日本規格協会発行
3) IEC 300-1 / ISO 9000-4(1993), “Dependability management-Part1: Dependability programme management” / ISO 9000-4, “Quality management and quality assurance standards-Part4: Guide to Dependability programme management”
4) IEC 60300-1(2003) 2nd Ed., “Dependability management - Part1: Dependability management system”
5) IEC 60300-2(2004) 2nd Ed., “Dependability management - Part2: Guidelines for dependability management”
6) JIS C 5750-1(2005), “ディペンダビリティ管理 ― 第一部 ディペンダビリティプログラム，” 日本規格協会，2000.
7) JIS C 5750-2(2005), “ディペンダビリティ管理 ― 第二部 ディペンダビリティプログラム要素及びタスク，” 日本規格協会，2000.
8) 夏目 武，“IEC/TC56-Dependability - 信頼性に関する国際標準化の活動の動向，” 日本信頼性学会誌，信頼性，vol.24, no.4, 2002.
9) IEC 60300-3-3(2004) 2nd Ed., “Life Cycle Costing, (The 1st Edition issued in 1996)”
10) JIS C 5750-3-3(2008), “ライフサイクルコスティング” 日本規格協会，2008.
11) IEC 62198(2001), “Project risk management - Application guidelines”
12) JIS Q 9001(2000), “品質マネジメントシステム― 基本および用語”
13) JIS Q 9000(2000), “品質マネジメントシステム― 要求事項”
14) JIS Q 10006(2004), “品質マネジメントシステム― プロジェクトにおける品質マネジメントの指針，日本規格協会，2000, 2001, 2004.
15) IEC 61160(2005) 2nd Ed, “Design review - Guidelines, (The previous version - IEC 1160(1992), Formal design review.
16) JIS X 0170(2004), “システムライフサイクルプロセス,” 日本規格協会, 2004.
17) ISO/IEC 15288(2002), “System Life Cycle Process”
18) 江頭幸代，“ライフサイクル・コスティング，” 税務経理協会， 2008.
19) LCC 委員会編，日比宗平監修，“ライフ・サイクル・コスティング手法と実例，” 日本プラントエンジニア協会，1981.
20) “製造プラントのメンテナンス技術 ―ライフサイクル・コスト― に関する調査研究報告書，” 日本プラントメンテナンス協会，1986.
21) 岡野憲治，“ライフサイクル・コスティング，” 同文舘，2003.

22) Jan Emblemsvag, “LIFE-CYCLE COSTING Using Activity-Based Costing and Monte Carlo Methods to Manage Future Costs and Risks,” John Wiley & Sons Inc, 2003.
23) B.S. Dhillon, “Life cycle costing,” Gordon and Breach, 1989.
24) Halim, “Boussabaine and Richard Kirkham,” Whole Life-Cycle Costing: Risk and Risk responses, Wiley-Blackwell, 2004.
25) Blanchard, B.S., “Design and Manage to Life Cycle Cost,” M/A press, Oregon,1, 1978.（宮内一郎訳，“ライフサイクルコスト計算の実際,” ロジスティクス学会日本支部，1979.）
26) Veltri, A.T., D.L. Dance and M.E. Nave, “SH&E Life-Cycle Cost Model - An internal study from the semiconductor manufacturing industry: Part1, 2003.
27) Paul Jackman (editor), “A Working Report on Life Cycle Costing of Corrosion in the Oil and Gas Industry : A Guideline,” Maney Publishing, 2003.
28) Bull, J.W. , “Life Cycle Costing For Construction,” Blackie Academic & Professional, London, 1993.
29) Jackson, Jr., D.W. and Ostrom, L.L., “Life Cycle Costing in Industrial Purchasing,” Journal of Purchasing and Materials Management, vol.16, no.4, pp.8-12, 1980.
30) Paul Jackman (editor), “Working Report on Life Cycle Costing of Corrosion in the Oil and Gas Industry : A Guideline,” Maney Publishing, 2003.
31) Office of the Secretary of Defense, “Cost Analysis Improvement Group,” Operating and Support. Cost-Estimating Guide, 1992.
32) “US Army Cost Economic Analysis Center,” Life Cycle Cost (LCC) management, 1992.
33) RAC, “Cost As An Independent Variable (CAIV),” START 98-2, 1998.
34) Balbir S. Dhillon, “Life Cycle Cost: A survey,” Microelectronics Reliability, vol.21, no.4, 1981.
35) ARP 4293, “Life cycle cost - Techniques and applications,” 1992.
36) JK. Seger, “Reliability Investment and Life-cycle cost,” IEEE Trans., Reliability, vol. R32, no.3, 1983.
37) TL. Regulinski, YP. Gupta, “Reliability cost estimate: Managerial Perspectives,” IEEE Trans., Reliability, vol.R32, no.3.
38) BS. Dhillon, “Life Cycle Cost: A survey Microelectro reliability,” vol.21, no.4, 1981.
39) AH. Zalidova, FH. Zalud, “Quality optimization via Total quality costs,” ASQC Quality congress Trans. 1981.
40) US DOD, “life cycle cost estimating,” PSAD 75-23, 1974.
41) “Aerospace Recommended Practice - Life cycle cost - techniques and applications,” SAE ARP4293, SAE International, 1992.
42) BAeSEMA Marine Div., “Oil and Gas industry Whole life costing Initiative,” 1995.